



Speurwerk uit vervlogen tijden

Onderzoek naar radiocommuni- catie binnen KPN (1900-1945)

Voor een technisch geïntereerd bedrijf als KPN is Research and Development altijd van enorm belang geweest. Dat begon al met de oprichting van de Rijkstelegraaf in 1952 en het geldt

nog steeds. In het boek 'Onderzoek en ontwikkeling bij KPN' beschrijft Dirk van de Nieuwe Giesse, oud plaatsvervangend algemeen directeur van KPN Research, de historie van het speur- en ontwikkelingswerk gedurende de eerste honderd jaar. Een belangrijke plaats is daarin weggelegd voor het onderzoek naar radiotelefonie, een gebied waarin KPN internationaal gezien altijd een vooraanstaande positie heeft ingenomen. Het Studieblad neemt u mee in deze interessante geschiedenis.

Dirk van de Nieuwe Giessen*

De geschiedenis van de radio-communicatie begint bij de Italiaan Marconi. Deze pionier begon in 1895 proefnemingen met draadloze telegrafie, eerst in Italië en een jaar later in Engeland. In 1899 lukte het Marconi om signalen van Engeland naar Frankrijk te zenden. In Nederland werden zijn bevindingen met argusogen gevolgd. Als zeevarende natie had ons land uiteraard groot belang bij een goede communicatie tussen schepen en vaste wal. Daarnaast was er behoefte aan rechtstreekse radioverbindingen met de overzeese gebiedsdelen, met name met Nederlands-Indië. Het is dus geen wonder dat ons land vanaf het begin veel energie gestoken heeft in het onderzoek naar radiocommunicatie.

* Dit artikel verscheen eerder in iets gewijzigde vorm in het boek 'Onderzoek en Ontwikkeling bij KPN. Een geschiedenis van de eerste honderd jaar' van dezelfde auteur.

Radiokustdienst

Om te voorkomen dat Marconi met zijn Marconi Wirelss Company een monopoliepositie zou krijgen voor het radioverkeer tussen schepen en kuststations, begon de Nederlandse overheid begin 1900 zelf de mogelijkheid te onderzoeken om dergelijke verbindingen tot stand te brengen. Men was bang dat de belangen van de Rijks-telegraaf en de Nederlandse marine teveel geschaad zouden worden. Toen het lukte om een dergelijke verbinding tussen Hoek van Holland en lichtschip 'Maas' tot stand te brengen, besloot de regering in 1903 om zelf draadloze telegrafie te exploiteren en belastte de Rijkstelegraaf met de uitvoering. De leiding van de Rijkstelegraaf besloot om in Scheveningen een zend- en ontvangstation te bouwen, dat in 1904 als kuststation Scheveningen-Haven officieel in gebruik werd genomen. Nederland was hiermee een van de eerste landen met een dergelijk kuststation. Na de liberalisatie van het Europese radioverkeer in 1906 nam het verkeer via Scheveningen-Haven sterk toe.

▼ Foto 1

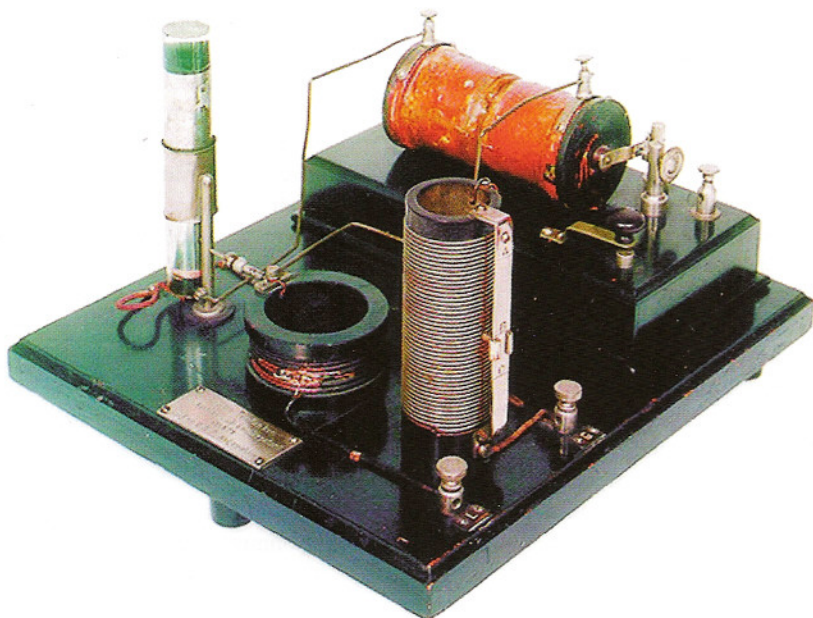
Maquette van het kuststation Scheveningen-Haven omstreeks 1904.

Rechtstreekse verbinding met Nederlands-Indië

Ook in Nederlands Indië zag men al snel in welke mogelijkheden radiocommunicatie in de archipel zou kunnen bieden. Op aandrang van de pas bij de Indische PTT in dienst getreden jonge ingenieur J.C. de Groot, werd in 1909 bij Telefunken een vonkzender en een ontvanger besteld. Met de door De Groot aangebrachte verbeteringen werd in de periode 1912-1913 een proefnet aangelegd. Daarmee wilde hij nagaan of draadloze telegrafie geschikt zou zijn om de kabels in het Indische telegraafnet te vervangen. Begin maart 1917 was men zover dat de telegrafiezender van Telefunken in Nauen (Duitsland) op een golflengte van 12,5 km goed in Bandung (op Java) te ontvangen was.

Dit succes werd met gejuich ontvangen. Sinds het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog was communicatie met Indië namelijk erg moeilijk. De onderzeese telegraafkabels waren in handen van de Engelsen die niet veel prioriteit gaven aan het verkeer vanuit Nederland. Bovendien mochten alleen ongecodeerde telegrammen worden verstuurd. Een directe radioverbinding tussen Nederland en Indië zou dit probleem kunnen omzeilen. De Permanente Commissie





◀ Foto 2
Demonstratiemodel
van de vonkzender van
de firma Telefunken.

voor de Radiotelegrafie kreeg van de regering opdracht te onderzoeken wat de mogelijkheden hiervoor waren. Telefunken bleek bereid te zijn voor haar rekening op Java een voorlopige zendstation ter beschikking te stellen om proeven in omgekeerde richting te nemen. De apparatuur kwam in november 1917 in Indië aan. Ook in Nederland werd Telefunken apparatuur besteld.

In Indië werd het isolement door de blokkade van het berichtenverkeer sterker gevoeld dan in Nederland. In de eerste plaats wilde men een verbinding die een blokkade kon doorbreken. Hiervoor was het nodig te beschikken over een zender met een groot vermogen, die binnen het gebied van de lange golf op een willekeurige golflengte kon worden ingesteld om stoorzenders te ontwijken. De Telefunkenzender voldeed hieraan niet. Bij deze zender werd eerst door een wisselstroomdynamo met een vast toerental een draaggolf met een lage frequentie opgewekt, waarna de frequentie met speciale transformatoren werd vermenigvuldigd tot een paar vaste frequenties.

Een ander systeem voor het opwekken van radiogolven met groot vermogen was de booglamp-

zender. Bij dit systeem werd gebruik gemaakt van de negatieve differentiaalweerstand van een elektrische booglamp om een afgestemde kring te laten oscilleren. Met de afstemming van deze kring kon de frequentie over een vrij groot gebied continu worden gevarieerd. In Indië was al een dergelijke zender voor de verbinding tussen Nederlands Indië en Honolulu in Amerika besteld en in 1917 aangekomen. De minister had geen bezwaar deze zender voor proefnemingen met Nederland te gebruiken, mits het verkeer met de Telefunken zender niet werd gehinderd.

De Groot begon onmiddellijk met de installatie van de zender in de vrij afgelegen Malabar kloof bij Bandung. Hij had deze kloof gekozen omdat ze in de juiste richting lag om de antennes voor het verkeer met Nederland aan over de kloof gespannen kabels op te hangen. Als energiebron gebruikte hij een van het leger geleende vliegtuigmotor die een van de Bataviaanse Tramweg Maatschappij geleende gelijkstroomdynamo aandreef. Al vanaf november 1917 was de zender gereed. Aangezien er op dat moment nog geen ontvangmiddelen in Nederland beschikbaar waren, installeerde hij een zelfgemaakte ontvanger op het marineschip H.M. Zeven Provinciën,

dat eind 1918 via het Panamakanaal een reis naar Nederland zou maken. Met een antennevermogen van 75 kW kon het schip overdag tot Honolulu (een afstand van 12.000 km) en 's nachts tot de antipoden (20.000 km) worden bereikt. Na aankomst van het schip in Nederland werd de ontvanger op de meentgronden in Blaricum opgesteld. In april 1919 konden hier zowel de booglampzender als de Telefunkenzender worden ontvangen.

Het zou tot het voorjaar van 1923 duren voordat Nederland erin zou slagen de Indische prestatie te evenaren. In Nederland hinkte men voor wat de bouw van een ontvang- en een zendstation betreft op twee gedachten, n.l. deze te betrekken van Telefunken of, zonder hulp van buitenlandse firma's, zelf een station te bouwen. Uiteindelijk kreeg Telefunken de opdracht.

Het ontvangstation werd ingericht op de heide bij Sambeek, op ca. 60 km afstand van Kootwijk. De ontvangproeven begonnen op 27 oktober 1919. Die nacht werden de signalen van de beide Indische zenders, de booglampzender bij Malabar en de Telefunkenzender bij Tjililin, ontvangen. De bouw van het zendstation Kootwijk, die in oktober 1918 was begonnen, werd echter door allerlei oorzaken aanzienlijk vertraagd. De belangrijkste daarvan waren het late gereedkomen van de klinkerweg tussen Kootwijk en Assel, de voltooiing van de spoorweg naar de halte Kootwijk en de realisatie van de aansluiting op het elektriciteitsnet. Daardoor kon pas in november 1922 de apparatuur worden geplaatst en met het afregelen worden begonnen. Nadat op 18 januari 1923 voor het eerst verbinding was gemaakt met het ontvangstation Tjangkring op Java, werd de verbinding in proefbedrijf genomen voor het berichtenverkeer tussen het Departement van Koloniën en de Indische regering.

Inmiddels had het laboratorium in Indië een begin gemaakt met de bouw van een grote booglampzender met een vermogen van 3000 kW naar eigen ontwerp. Deze kwam begin 1923 gereed. Ondanks het feit dat De Groot gewaarschuwd had dat deze zender nog niet geheel ope-

rationeel was en dat het tijdstip verkeerd gekozen was, bepaalde de gouverneur-generaal van Indië dat de radiotelegrafische verbinding met het moederland op 5 mei 1923 om 11.00 uur plaatselijke tijd met de booglampzender geopend zou worden. Deze officiële opening mislukte jammerlijk. Pas op 7 mei kon de verbinding voor het publiek worden opengesteld. Een onderzoek naar de oorzaken in opdracht van de Minister van Koloniën bevestigde de conclusies van een rapport van Rijkstelegraaf-chef Koomans, dat niet in Indië geaccepteerd werd:

- het tijdstip van de opening was verkeerd gekozen;
- het was onjuist hiervoor een nog niet bedrijfszekere zender te gebruiken;
- bliksemschade aan de antenne had het uitgestraalde vermogen ongunstig beïnvloed.

Het Radio Laboratorium

Naar aanleiding van kritische opmerkingen in de pers en de Tweede Kamer over de gehele gang van zaken rond de radioverbinding met Indië, stelde de Minister van Waterstaat de commissie Nolting in om het functioneren van de Technische Dienst te onderzoeken. Zij moest oordeel geven over de totstandkoming van de radiostations Kootwijk en Sambeek. In het in maart 1925 gepresenteerde rapport van de commissie werd ernstige kritiek geuit op de Technische Dienst bij de bouw van de radiostations. Geadviseerd werd de exploitatie van het verkeer over grote afstand over te dragen aan een nationale particuliere maatschappij.

Koomans die in 1903 bij de Rijkstelegraaf in dienst was getreden, promoveerde in 1908 op het onderwerp gepupiniseerde kabelverbindingen. Na zijn promotie kreeg hij opdracht de mogelijkheden van draadloze telefonie te onderzoeken. Hij experimenteerde hiervoor met een booglampzender. Hoewel het hem lukte om over een kleine afstand een uitstekende geluidsoverdracht te realiseren, was deze techniek niet geschikt voor praktische toepassing. Omdat hij als zeer deskundig werd beschouwd op het gebied van de radiotechniek was het niet

verwonderlijk dat de meetkamer van de Herstellingswerkplaats, waarvan Koomans sinds 1912 de chef was, zich ontwikkelde in de richting van een radiolaboratorium.

Toen in 1917 radiolampen werden gevonden in een geïnterneerd Duits vliegtuig oordeelde de land- en zeemacht dat wat men noemde de 'Laboratoria van de Herstellingswerkplaats van de Rijkstelegraaf' de meest geschikte plaats was om proeven met deze lampen te laten uitvoeren. Men schatte terecht in dat radiolampen, waarmee op een elegante manier een elektronenstroom met een kleine stuuenergie gemanipuleerd kon worden, van groot nut zouden kunnen zijn voor draadloze telegrafie en in het bijzonder voor de komende verbinding met Indië. Met deze versterkerelementen konden namelijk signalen worden versterkt en ongedempte elektrische trillingen worden opgewekt. Pas na de Eerste Wereldoorlog in 1919 kwamen de eerste radiolampen, later elektronenbuizen genoemd, op de markt.

In 1918 werd bij de reorganisatie van de Technische Dienst onder de Buitendienst het bureau 'Proefneming, Onderzoek en Onderwijs', met Koomans als chef, gecreëerd. Het bureau, dat steeds vaker als het Laboratorium van de Rijkstelegraaf werd aangeduid, gaf een belangrijke en praktische bijdrage aan de verbetering van de ontvangmiddelen. Zo werden in 1921 proeven genomen met verbeterde antennesystemen, zoals een groot draaibaar opgesteld ontvangraam en het aarddraadsysteem van het kuststation Scheveningen. Beide systemen waren minder gevoelig voor luchtstoringen dan de grote aan palen opgehangen antennes. Om de kwaliteit van de ontvangst te verbeteren ontwierp en bouwde Koomans in 1922 een nieuwe langegolf-ontvanger volgens het door Armstrong in 1916 uitgevonden superheterodyne principe. Hierbij wordt de frequentie van het ontvangen signaal naar een vaste zogenaamde middenfrequentie getransformeerd. Deze middenfrequentie wordt zodanig gekozen dat een goede filtering en versterking gerealiseerd kunnen worden. Het resultaat is een grotere en constantere selectiviteit en versterking.

Opkomst kortegolftelegrafie en -telefonie

Het advies in het rapport van de Commissie Nolting van maart 1925, om de exploitatie van het radiotelegraafverkeer over lange afstanden in handen te leggen van een particuliere maatschappij, betekende weinig goeds voor het 'laboratorium' van de Rijkstelegraaf. Op dat moment bestond de bezetting uit slechts twee man: Koomans en een assistent. Toch begon Koomans met het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van de korte golf voor het verkeer over lange afstanden. Hij en veel andere vakgenoten hadden de overtuiging dat deze nieuwe techniek grote mogelijkheden bood. Heel merkwaardig was dat de deskundige leden en adviseurs van de commissie deze mogelijkheden van de korte golf nog niet op hun waarde hadden geschat. Zelfs De Groot, die als hoofd van de afdeling Draadloze Telegrafie van de Indische PTT ook door de commissie was geraadpleegd, liet zich in september 1924 nog zeer sceptisch uit over de kansen van zeer korte golven voor het overbruggen van lange afstanden boven de 1500 mijl.

Op het moment dat De Groot deze uitspraak doet, zijn medewerkers in Indië waarschijnlijk al bezig met de ontwikkeling van een kortegolfzender. Want op 29 januari 1925 komt daar op een golflengte van 95 meter de zender ANE in de lucht.

Ook Koomans boekte al snel resultaten. Op 17 februari 1925 plaatste hij in het ontvangstation Meijndel een door hem gemaakte kortegolfontvanger en bouwde hij vervolgens op de zolder van het laboratorium in de Kazernestraat zijn eerste kortegolfzender met een luchtgekoelde zendbuis. Met deze zender (met de roepletters PCMM) werd op 3 juni 1925 met proefuitzendingen begonnen en op 7 augustus vond de officiële ingebruikneming plaats. De kortegolftelegrafie was boven verwachting een doorslaand succes. Met slechts een fractie van het vermogen dat voor een langegolfverbinding nodig was kon de verbinding met Indië worden onderhouden, ook in de moeilijke zomermaanden. Bovendien lagen de kosten van deze eigengemaakte zenders



▲ Foto 3

Het gebouw aan de Parkstraat 29 in Den Haag waar van 1926 tot 1948 het Radio Laboratorium gehuisvest was.

op dat moment ver onder de vraagprijs van de industrie. De belangrijkste argumenten van de Commissie Nolting waren hiermee in één klap weerlegd.

Met de in juni 1925 aangetreden nieuwe directeur-generaal van P&T M.H. Damme, een ingenieur die ongeveer twintig jaar in Indië had gewerkt, begon er voor het P&T-bedrijf een ander tijdperk waarin de mogelijkheden, die door de voortgaande ontwikkeling van de techniek geschapen werden, positief werden benaderd. Damme steunde en stimuleerde Koomans bij de ontwikkeling van de kortegolftechniek en liet zich regelmatig door Koomans op de hoogte stellen van de ontwikkelingen op radiogebied. Verder gaf hij persoonlijk leiding aan de verdere vormgeving van de radiodienst. Met de steun van Damme begon Koomans aan de opbouw van het Radio Laboratorium. Hij nam twee jonge ingenieurs in dienst en selecteerde uit het

personeel van de Herstellingswerkplaats enkele goede instrumentmakers als assistenten. Ook werd een nieuwe behuizing gevonden in het nabij gelegen gebouw Parkstraat 29. Met de nieuw gebouwde vier kortegolfzenders en twee kortegolfontvangers kon ongeveer 90% van het verkeer met Indië via de kortegolf worden afgehandeld. Door dit succes werd al in de zomer van 1926 een plan gemaakt om een kortegolftelefooniezender te bouwen.

Damme liet met trots aan de Minister van Waterstaat in Kootwijk de zelfgemaakte kortegolftelegrafiezenders zien die ingezet werden voor het verkeer met Nederlands-Indië. Naar aanleiding hiervan zette Damme in een nota aan de minister uiteen dat de exploitatie van de radiotelegrafie bij P&T in goede handen was en dat men de ontwikkeling van de techniek goed kon volgen. Hij overtuigde hiermee niet alleen zijn eigen minister maar ook de Minister van Financiën. Als blijk van waardering kreeg Koomans tijdelijk de rang van waarnemend hoofdingenieur, in 1928 volgde een definitieve

aanstelling. Nu de dreiging van de privatisering definitief geweken was kreeg het Radio Laboratorium de taak om voor de radiodienst de verkeersmiddelen te ontwikkelen en te bouwen.

Onder invloed van het succes van de kortegolftelografie maakte Philips in 1928 een kortegolftelofoniezender waarmee in maart omroepprogramma's naar Indië werden uitgezonden, en op 31 mei een toespraak van de koningin. Ook de Indische radiodienst bouwde in het eigen laboratorium een telefoniezender, die op al 24 maart in Nederland was te horen. Omdat het Radio Laboratorium een aantal dringende projecten had uit te voeren, kon het pas in juni 1927 met de bouw van een drie-traps-kortegolftelofoniezender beginnen. Deze werd voorzien van een nieuw type richtantenne, een beamantenne, in Kootwijk geplaatst. Op 1 september was de installatie gebruiksklaar en werden de proefgesprekken in Indië goed ontvangen. Na een proefperiode, die het gehele jaar 1928 duurde, werd op 7 januari 1929 de radiotelefoondienst met Indië vanuit spreekcellen in Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht officieel voor het publiek geopend.

Samenwerking Indische en Nederlandse PTT

Om de ontwikkeling van de radioverkeersmiddelen voor het verkeer tussen beide landen op elkaar af te stemmen werd in het najaar van 1928 overleg gepleegd tussen vertegenwoordigers van de Nederlandse en de Indische PTT. De Indische delegatie presenteerde daarbij een geavanceerd en ambitieus plan om een kortegolftelofoniezender te bouwen met een vermogen van 160 kW, waarmee alle verbindingen met Nederland gerealiseerd zouden kunnen worden. Hiervoor moesten op deze zender een aantal telefoon- en telegraafkanalen worden gemoduleerd.

De voorgestelde modulatiemethode was ontleend aan die door de Western Electric Company (WEC) was toegepast op een transatlantische enkel-zijband verbinding op een onderdrukte draaggolf van 55,5 kHz. Dit om beter gebruik te maken van de beperkte frequentieruimte in dit langegolfg gebied en ook om op de zendenergie te

besparen. Zelfs bij een 100% amplitude gemoduleerd signaal zit tweederde van het totale zendvermogen in de draaggolf. Omdat de draaggolf was onderdrukt moest aan de ontvangzijde de spraakband worden teruggewonnen door het ontvangen signaal te mengen met een lokale draaggolf van 55,5 kHz. Om vervorming van het telefoonsignaal te beperken mochten de draaggolffrequenties aan de zend- en ontvangzijde niet meer dan 10 Hz afwijken. In het gebruikte langegolfg gebied was aan deze eis nog wel te voldoen, maar in de kortgolfg band van ongeveer 6 tot 20 MHz was deze maximale frequentie-afwijking niet meer te realiseren.

Om dit probleem te omzeilen werd voorgesteld om eerst de kanalen enkelzijband te moduleren met hulpdraaggolven in het gebied tussen 10 en 30 kHz. Dit samengestelde signaal werd in amplitude gemoduleerd op de gewenste kortegolfg draaggolf. Aan de ontvangzijde werd dan eerst door gelijkrichting het samengestelde signaal teruggewonnen, waarna met behulp van lokaal opgewekte hulpdraaggolven de afzonderlijke kanalen weer naar de laagfrequent spraakband werden teruggetransformeerd. Er konden in totaal drie telefoon- en drie telegraafkanalen op de zender worden ondergebracht binnen een totale bandbreedte van 66 kHz. Deze wijze van moduleren noemde men later zijbandmodulatie ter onderscheiding van enkelzijbandmodulatie.

De Indische deskundigen waren nogal optimistisch over de mogelijkheid het plan te verwezenlijken. Koomans, die goed op de hoogte was met deze techniek, waarschuwde de problemen niet te onderschatten. Later bleek dat de moeilijkheden inderdaad waren onderschat. Uiteindelijk werd volledige overeenstemming bereikt over een gemeenschappelijk werkprogramma, waarvan de uitvoering in 1929 begon.

Gerichte antennesystemen

Na de successen in de beginjaren van de kortegolfg die gerealiseerd waren met primitieve middelen, richtte het Radio Laboratorium zich meer op de kwalitatieve verbetering van de zend- en ontvangmiddelen. Vooral de ontwikkeling

van gerichte zend- en ontvangantennes werd belangrijk. Zo werd voor ontvangst in het gebied van de lange golf het eerder genoemde aarddraadsysteem ontwikkeld tot een systeem voor gerichte ontvangst, dat tot na de Tweede Wereldoorlog in gebruik bleef. Voor het kortegolfgebied kunnen gerichte antennes worden gemaakt door gebruik te maken van stralingselementen van een halve of een kwart golflengte. In het begin werden eenvoudige horizontale dipoolantennes van tweemaal een halve golflengte gebruikt. Deze antennes met een achtvormig stralingsdiagram werden voor een aantal verbindingen in Kootwijk als zend- en in Noordwijk als ontvangantenne toegepast. Een nog veel betere richtwerking kan worden verkregen door een groot aantal dipolen in een verticaal vlak op te stellen en in fase te voeden. Dit heet een beamantenne. Een eenzijdig stralingsdiagram kan worden verkregen door op een kwart golflengte achter de beamantenne een antenne van

dezelfde constructie op te stellen en in de juiste fase te voeden.

Koomans paste de beamantenne voor het eerst toe bij zijn in 1927 gebouwde telefoniezender. Hij ontwikkelde een eigen systeem voor een beamantenne waarop hij octrooi kreeg. Een aantal van deze beamantennes werden zowel in Noordwijk als in Kootwijk opgesteld. Een nadeel van beamantennes was de gecompliceerdheid en het feit dat ze als staande-golf antennes smalbandig zijn. Een eenvoudiger antenne die ook een zekere richtwerking heeft is de zogenoemde beverage-antenne. Dit is een lopende-golf antenne die bestaat uit een lange rechte draad met een lengte van ongeveer 100 meter, die horizontaal in de richting van de te ontvangen zender is gespannen. Aan het eind is de antenne naar de aarde afgesloten met de karakteristieke impedantie, waardoor er geen reflecties optreden en een vrijwel eenzijdige ontvangst wordt verkregen.

▼ Foto 4

Ontvangstation Noordwijk Radio (NORA).



Kortegolfzenders met kristalsturing

Op de radiotelegraafconferentie van 1927 te Washington werden normen vastgesteld voor het gebruik van de steeds drukker wordende kortegolfband. Aangezien de op dat moment in gebruik zijnde zenders niet voldeden aan de nieuwe eisen voor de frequentieconstantheid, werden nieuwe zenders gebouwd uitgerust met een stuuroscillator. Aanvankelijk werd deze stuuroscillator ter verhoging van de frequentieconstantheid in een thermostaat geplaatst. Na 1929 ging men over op kristalgestuurde oscillatoren die een veel grotere constantheid hadden. In hetzelfde jaar werd de ontwikkeling en bouw van de zenders overgebracht naar Kootwijk. Verder werden de nieuwe zenders omschakelbaar gemaakt, eerst naar twee en later naar drie verschillende frequenties.

Omdat de kwartskristalplaatjes die aanvankelijk van derden werden betrokken niet aan de eisen voldeden werd in 1931 zelf met de fabricage begonnen. Na een gedegen onderzoek was de kristalafdeling van het Radio Laboratorium al snel in staat kristalplaatjes te maken met een zeer lage temperatuurscoëfficiënt. Ook werd in 1932 een primaire frequentiestandaard gebouwd met een nauwkeurigheid van $1:10^6$, die later nog aanzienlijk zou worden verbeterd. De kristalafdeling heeft tot ver na de Tweede Wereldoorlog het PTT-bedrijf en ook derden van kwartskristalplaatjes voorzien.

Reparatie kostbare radiobuizen

Toen men in 1932 bij de aanschaf van een kathodestraaloscillograaf in het bezit kwam van een daarbij behorende hoogvacuümpomp, kwam men op het idee deze pomp te gebruiken voor de reparatie van de vrij kostbare zend- en gelijkrichtbuizen. De defecte buizen moesten daarvoor eerst worden geopend en nadat het defecte onderdeel, meestal de gloeidraad, was vervangen weer gesloten en geëvacueerd. Deze reparatieactiviteiten waren zo succesvol dat hiervoor een aparte afdeling werd opgericht. Later werd de hoogvacuümpomp door de kristalafdeling ook gebruikt voor het opdampen van elektroden en

het evacueren van de glazen ballonnen waarin de van opgedampte elektroden voorziene kristalplaatjes waren gemonteerd. De frequentiestabiliteit nam hierdoor aanzienlijk toe.

Lange golfontvangers begin jaren dertig

Ook aan de verdere ontwikkeling van de ontvangers werd in de begin jaren dertig veel aandacht besteed. Voor het Europese en het transatlantische lange golftelegraafverkeer werden speciale modulair opgebouwde ontvangers ontwikkeld en gebouwd, met respectievelijk een enkele en een dubbele golfengtetransformatie. Ook voor de kortegolf werden speciale ontvangers vervaardigd. Een eenvoudige voor 'gemakkelijke verbindingen en voor de gunstige perioden' en een meer gecompliceerde voor telegrafiezenders waarbij de morsetekens werden uitgezonden door de draaggolf aan en uit te schakelen. Deze ontvangers waren al voorzien van een automatische sterkteregeeling om de fluctuerende sterkte van het kortegolfsignaal door fading te verminderen. Het fading-effect werd ook verminderd door sterk gerichte ontvangantennes te gebruiken.

Kortegolfontvangers begin jaren dertig

Voor het radioverkeer met Indië werd volgens de overeengekomen plannen zijbandmodulatie toegepast. In de periode 1931/32 werden volgens deze opzet twee typen ontvangers ontworpen en gebouwd. Type A voor de ontvangst van twee telefoniekkanalen en type B voor de ontvangst van één telefoniekkanaal en een dubbeltoon telegraafkanaal (rustfrequentie 3500 Hz, werkfrequentie 3700 Hz). Het dubbeltoon telegraafsignaal werd omgezet in een aan/uit geschakelde 1000 Hz en via een kabelversterker aan het telegraafkantoor in Amsterdam doorgegeven. Bij de overdracht van twee telefoniekkanalen volgens het zijbandstelsel was het normale kanaal gelegen in de band van 0 tot 3000 Hz en het zijbandkanaal van 6000 tot 9000 Hz. Tussen de telefoonkanalen kon nog een dubbeltoon telegraafkanaal worden overgebracht, maar dit werd niet toegepast. De totale bandbreedte voor de overdracht van twee telefoonkanalen werd hiermee 18 kHz. Dit in

afwijking van de oorspronkelijk gedachte modulatiemethode waarvoor dan 56 kHz nodig zou zijn geweest.

Medio 1932 waren er in het ontvangstation Noordwijk in totaal 38 ontvangers in één zaal opgesteld, waaronder één kortegolfontvanger type A en één type B. Alle ontworpen en vervaardigd door het Radio Laboratorium.

Ondanks het succes van de kortegolfftelefonie waren er toch nog de volgende problemen:

- De automatische sterkteregeling hield het laagfrequent signaal wel vrijwel constant, maar het achtergrond geruis varieerde door de wisselende versterking. Een sterke verzwakking van de draaggolf door selectieve fading veroorzaakte door overmodulatie vervorming.
- Bij draaggolfftelefonie ontstond overspraak door niet-lineariteit van versterkers en detectoren.
- Bij slechte ontvangst trad ratelstoring op door fasemodulatie als gevolg van de wisselstroomvoeding van de zender. In de ionosfeer werd deze fasemodulatie in bijzondere omstandigheden omgezet in amplitudemodulatie, dat na detectie als een ratelend geluid hoorbaar werd.

In theorie zou door eenzijdigbandmodulatie met een onderdrukte draaggolf opgelost worden, omdat de draaggolf als voornaamste boosdoener werd uitgeschakeld. Bovendien zou een belangrijke besparing op het zendervermogen gerealiseerd worden. Vandaar dat men zowel in Nederland als in Indië enkelzijdigbandapparatuur begon te ontwikkelen. Toen deze in de loop van 1933 gereed kwam om proeven te nemen was het resultaat indrukwekkend.

Alle theoretische verwachtingen werden bevestigd. Besloten werd af te stappen van de zijbandmodulatie. Vanaf 1 januari 1934 werd de apparatuur eenmaal per week voor betaalde gesprekken gebruikt. In december 1934 werd de enkelzijdigbandzender PCV geschikt voor twee kanalen in bedrijf genomen. In de daarop volgende periode werd deze modulatietechniek verder ontwikkeld en vervolmaakt. Dit proces duurde tot na de Tweede Wereldoorlog. Omstreeks 1937 was een betrekkelijk stabiele vorm bereikt (zie verdiepingstof).

De enkelzijdigbandverbinding Nederland-Indië, een afstand van 12.000 kilometer, was op het moment dat ze tot stand kwam een wereldpremier. Zowel in Indië als in Nederland was men er terecht trots op. De omvang van de enkelzijdigband telefonie nam nu snel toe. Omdat de apparatuur was voorbereid op uitbreiding met twee kanalen, kon in de loop van 1937 een derde en in 1938 een vierde kanaal in gebruik worden genomen.

Antennesplitsversterkers en ruitantennes

Door toename van het kortegolfverkeer was het nodig meerdere ontvangers op dezelfde beamantenne aan te sluiten. Dit had het nadeel dat ze elkaar beïnvloedden. Daarom werd tegen het eind van 1934 door het Radio Laboratorium een antennesplitsversterker ontworpen met vier uitgangen, die de ontvangers door een versterkerbuis van elkaar scheidde. Deze oplossing was niet geheel bevredigend omdat de gevoeligheid van de ontvangers door verslechtering van de signaal-ruis verhouding afnam. Dit werd veroorzaakt door de ruisbijdrage van de buizen in de splitsversterker. In 1937 toegepaste nieuwe buizen hadden een aanzienlijk lagere equivalente ruisweerstand, waardoor de optimale gevoeligheid dicht kon worden benaderd.

Om de gevolgen van 'fading', dat leidde tot verzwakking van de signaalsterkte, te bestrijden koos men voor het zogenaamde 'space diversity' systeem. Hiervoor waren voor elke richting twee aparte antennes nodig. Beamantennes zijn smalbandig en konden niet worden toegepast omdat er dan een te groot aantal nodig was om de hele kortegolffband te ontvangen. De in 1931 in Amerika uitgevonden breedbandige ruitantenne beloofde een goede oplossing te bieden. Deze antenne bestaat uit vier horizontaal gespannen draden in de vorm van een ruit. Aan de uiteinden van de korte diagonaal zijn de draden met elkaar verbonden. Aan de einden van de lang diagonaal zijn ze aan één kant afgesloten door een weerstand. Aan de andere kant zijn de draden verbonden met een symmetrische antennekabel waarover het signaal naar de ontvanger of zender wordt getransporteerd. In het voorjaar van 1936



▲ Foto 5

Interieur van ontvangststation Noordwijk Radio in 1932.

werd in Noordwijk Radio (NORA) voor het eerst een ruitantenne beproefd. Om de gevoeligheid voor luchtstoringen bij lage frequenties te verlagen moest de splitsversterker worden voorzien van een hoogdoorlaatfilter. Dit gaf goede resultaten en in 1937 werden nog twee ruitantennes gebouwd.

Door de verslechtering van de ontvangcondities door de cyclische verandering van de zonneactiviteit, ging men meer aandacht besteden aan het ontvangen van zwakke signalen. Een oplossing hiervoor kwam in 1939 toen de dubbelpenthode EFF 50 op de markt kwam. Deze had een equivalente ruisweerstand van 600 à 800 Ω . Met deze buizen werden door het Radio Laboratorium breedbandige splitsversterkers gemaakt. Hiervoor werd de frequentieband van 6.5 tot 20.5 MHz door middel van filters eerst in vier banden elk met een breedte van 3.5 MHz gesplitst en elk afzonderlijk versterkt. De anodes van deze versterkerbuizen waren twee aan twee parallel geschakeld en verbonden met een bandfilter van respectievelijk 6.5 - 13.5 MHz en 13.5 - 20.5

MHz. Hierdoor werd de band in twee gelijke delen verdeeld. Achter elk bandfilter waren parallel zes gelijke versterkers aangesloten, elk voorzien van een uitgangsfILTER met transformator om de uitgang aan te passen aan de asymmetrische kabel naar de ontvanger.

Aangezien de ontwikkeling van de radio-ontvangers niet stil stond, moderniseerde het Radio Laboratorium voortdurend zowel de telegrafie-ontvangers als de enkelzijbandapparatuur. Echter in de loop van 1938 deed men de teleurstellende ontdekking dat, als gevolg van de slechter wordende condities van de ionosfeer, Brussel, Londen en Parijs de Noord-Amerikaanse en ook de Indische zenders in de 20-meterband op een vroeger tijdstip ontvingen dan NORA (Noordwijk Radio). Dit terwijl de PTT deskundigen ervan overtuigd waren dat de ontvangmiddelen optimaal waren ingericht. De Technische Dienst begon kritisch opmerkingen te maken over het Radio Laboratorium en ook directeur-generaal Damme was er niet blij mee. Hij deed de suggestie eens te gaan kijken hoe het ontvangststation Liedekerke bij Brussel was ingericht. Bij een bezoek aan dit ontvangststation en de bedrijfscon-



▲ Foto 6

Prof. dr. ir. N. Koomans (1879-1945).

trale te Brussel in januari 1939 bleek dat het verschil in ontvangst niet te verklaren was uit verschillen in de ontvangsmiddelen. Wat overbleef was dat het station Liedekerke was gesitueerd op een vlak stuk weiland met goed geleidende grond en dat NORA gebouwd was op een golvend droog duinlandschap. Na proeven bleek dat dit inderdaad de oorzaak was. Na de oorlog werd in de Horstermeerpolder een geschikt terrein gevonden en hier werd in 1950 het nieuwe ontvangstation Nederhorst den Berg Radio geopend.

Enkelzijbandtelefonie met Amerika

Vlak voor het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog deed het Radio Laboratorium nog een heel prettige ervaring op. De American Telegraph & Telephone Company (AT&T) stelde voor een enkelzijband-telefoonverbinding te openen tussen Amsterdam en New York. Aan de hand van een publicatie van Koomans in de Proceedings of the Institute of Radio Engineers,

over de enkelzijbandverbinding tussen Nederland en Indië, was hun gebleken dat de systemen van AT&T en PTT zonder aanpassing met elkaar konden samenwerken. Dit als van de Nederlandse apparatuur alleen het A- en het B-kanaal werd gebruikt en de draaggolf verzwakt werd meegezonden voor de frequentiebijregeling. Om de geheimhouding te verbeteren, die door het verzwakt meezenden van de draaggolf was verminderd, werden de beide kanalen omgekeerd. Na geslaagde proeven werd de verbinding op 12 september 1939 voor betaald verkeer geopend. PTT kon nu met trots vaststellen dat haar enkelzijbandapparatuur een vooraanstaande plaats innam.

Oorlogsjaren 1940-1945

Met de Duitse bezetting in mei 1945 brak een moeilijke tijd aan voor het telecombedrijf. Aanvankelijk was het verborgen doel van de bezetter de inlijving van het PTT-bedrijf in de 'nieuwe orde'. Toen de nederlaag onafwendbaar bleek werd het doel de onttakeling van het bedrijf ten bate van de eigen dienst. De afdeling Radiotelegrafie en -telefonie heeft van de PTT-onderdelen wel het meeste last ondervonden. Onmiddellijk werd het radioverkeer stilgelegd en vrij spoedig nam men de ontvang- en zendstations over. In opdracht van de bezettende macht moest het Radio Laboratorium een groot deel van de zenders op andere frequenties instellen en moest het zenderlaboratorium in Kootwijk onderhouds- en herstellingswerkzaamheden uitvoeren aan de radioverkeersmiddelen. Voor zover het mogelijk was, zette het eigen management de laboratoriummedewerkers in op ontwikkelingswerk dat na de bevrijding van belang zou zijn. Onderwerpen waren: splitsversterkers, fabricage van kristalplaatjes, kristalfilters voor telegrafie-ontvangers en enkelzijbandapparatuur. Voor het verzet maakte men kristaloscillatoren voor geheime zenders. Het zenderlaboratorium in Kootwijk werkte aan een kortegolfwereldomroepzender met groot vermogen.

In opdracht van de Deutsche Reichspost en de Wehrmacht moesten twee enkelzijbandontvan-

gers worden gebouwd. Het toezicht hierop werd uitgeoefend door twee ingenieurs van de Reichspost. Met name nadat Duitsland de oorlog met Rusland begon vorderde het werk erg langzaam. De Duitse toezichthouders hadden er belang bij het werk te rekken zodat ze niet naar het oostfront zouden worden gestuurd. Het is dan ook niet tot een afronding gekomen. Ook een opdracht om in samenwerking met Siemens & Halske te Berlijn twee enkelzijaanzenders te vervaardigen werd niet voltooid.

Ook de Japanners hadden na de bezetting van Nederlands Indië grote belangstelling voor de daar aanwezige enkelzijaanzapparatuur. Een plan om een zender en een ontvanger naar Japan te laten overbrengen en daar te laten namaken kon niet worden uitgevoerd omdat de ingenieur Einthoven, die daarvoor met zijn gezin naar Japan was overgebracht, daar al heel snel aan longontsteking overleed.

Toen na de invasie in Normandië en de snelle geallieerde opmars de verwachting ontstond dat de oorlog snel afgelopen zou zijn, was men daar bij het Radio Laboratorium toch niet zo gerust op. Om te verhinderen dat het instrumentarium op het laatste moment toch nog door de Duitse bezetters zou worden weggevoerd, nam het personeel de kleinere apparatuur mee naar huis. De grotere en kostbare instrumenten werden naar een bank gebracht en daar in de kelders opgeborgen. In de herfst kreeg de Duitse Einsatzleiter de opdracht het hele instrumentarium op te halen. Toen hij zag dat alles weg was loste hij het probleem op door te zeggen dat hij aan zijn superieuren zou melden, voor hem niet zonder risico, dat hij het instrumentarium zelf nodig had en dus niet af kon staan.

Na de bevrijding

Na de bevrijding bleek dat alle toestellen in het hulplaboratorium in NORA waren verdwenen en het instrumentarium vrijwel waardeloos was geworden. In Kootwijk stond nog 1 gebouw overeind, alle werktuigen en instrumenten waren verdwenen. Het sprak vanzelf dat de prioriteit van het Radio Laboratorium nu lag op het her-

stel van de verkeersmiddelen. NORA was in juli 1945 al weer in staat het radioverkeer van Londen, Amerika, Curaçao en Paramaribo naar Amsterdam door te geven. In augustus werd het bijna geheel vernielde zendstation Kootwijk weer in dienst geteld met enkele telegrafiezenders met beperkt vermogen. Op 25 september 1945 werd met één kanaal van een 3-kilowatt-zender de enkelzijaanz-telefoonverbinding met Noord-Amerika weer geopend. Later werd het verkeer afgewikkeld met twee kanalen, waarbij de ligging van de kanalen was aangepast aan het Amerikaanse systeem.

Naast herstelwerkzaamheden werkte het lab aan een nieuw ontwerp voor de enkelzijaanzapparatuur omdat de bestaande apparatuur voor een belangrijk deel verloren was gegaan én het ontwerp van ruim twaalf jaar oud aan herziening toe was. Het leek hierbij verstandig gebruik te maken van de resultaten die het Laboratorium voor Telegrafie en Telefonie in de laatste jaren had bereikt op het gebied van draaggolftelefonie op kabels. In samenwerking met dit laboratorium ontwierp het Radio Laboratorium een enkelzijaanzzender die rationeler van opbouw was. De wijze van stapeling van de spraakkanalen van de draaggolftelefonie werd overgenomen.

Dr. D. van de Nieuwe Giesse werkte van 1949 tot 1991 bij de centrale onderzoeksorganisatie van KPN. In zijn laatste werkzame jaren was hij plaatsvervangend Algemeen Directeur en directeur Beheer van KPN Research. Na zijn pensionering heeft de heer Van de Nieuwe Giesse zich verdiept in de geschiedenis van het onderzoek binnen KPN. Dit resulteerde in 1996 het boek *'Onderzoek en Ontwikkeling bij KPN. Een geschiedenis van de eerste honderd jaar'*. In januari 2001 promoveerde hij aan de Technische Universiteit Delft op het proefschrift *'Research and Development at KPN. A History of the First Hundred Years of Postal and Telecommunications Research in the Netherlands'*.

Verdiepingsstof

Enkelzijbandapparatuur

De enkelzijbandapparatuur die het Radio Laboratorium in de jaren 30 van de vorige eeuw ontwikkelde was een groot succes. De apparatuur werkte als volgt:

- **Enkelzijbandzender.** Het gewenste frequentiespectrum dat rond een centraal punt van 470 kHz lag, werd in een zogenaamde voormodulator gevormd. In het frequentiespectrum van het uitsgangssignaal van de voormodulator lag het A-kanaal van -200 tot -3000 Hz en het B-kanaal van +300 tot +3000 Hz ten opzicht van 470 kHz. Het telegrafiekanaal werd omgezet in een dubbeltoonsignaal: een rusttoon R van 3400 Hz en een werktoon W van 3700 Hz waarvan na modulatie beide zijbanden (onderband: $W = -3700$ Hz en $R = -3400$ Hz, bovenband: $W = +3700$ Hz en $R = +3400$ Hz) werden uitgezonden om minder gevoelig voor fading te zijn. Bovendien werd op -5000 Hz een stuurtoon meegezonden ten behoeve van de frequentiebijregeling van de ontvanger. Na bandfiltering werd dit signaal aan de modulatortrap van de zender toegevoerd. De volledige onderdrukking van de draaggolf bleek in de praktijk nodig te zijn omdat zelfs bij een geringe aanwezigheid verstaanbare ontvangst met een gewone ontvanger mogelijk was.

- **Enkelzijbandontvanger.** In de ontvanger werd het antennesignaal na versterking eerst teruggetransformeerd naar de middenfrequentie van 470 kHz, vervolgens na filtering gemengd met een bijgeregeld oscillator signaal van 460 kHz. De telefoonkanalen A en B werden door bandfiltering (resp. 7-10 kHz en 10-13 kHz) gescheiden. Na menging met een 10 kHz signaal en laagdoorlaatfiltering werden de spraakbanden na versterking op de kabel naar Amsterdam gezet. De twee zijbanden van het telegraafsignaal werden met bandfilters (resp. 4-7 kHz en 13-16 kHz) gescheiden. De rust- en werkfrequentie, werd daarna uit elke zijband door menging met 10 kHz teruggewonnen. Na versterking, filtering en gelijkriching werden de rust- en werksignalen

twee aan twee gecombineerd en toegevoerd aan een sleutelrelais, dat een toon van 1000 Hz aan en uitschakelde.

De frequenties van de gesprekken mochten voor een goede ontvangst niet meer dan 10 Hz van de nominale waarde afwijken, voor muziek was de toelaatbare afwijking slechts 5 Hz. Dit werd gerealiseerd door de 1^e en de 2^e oscillator in frequentie bij te regelen. De bijregeling van de eerste oscillator ving het langzame verloop op en werd gerealiseerd door een Ferrari-motor afkomstig uit een kilowatturenmeter die een kleine draaicondensator parallel aan de afstemkring verdraaide. Een en ander was zo ingericht dat de condensator in de juiste richting werd gedraaid totdat de stuurspanning afgeleid van de 5000 Hz stuurtoon vrijwel nul was. Bij de tweede oscillator werd een elektrische regeling voor snelle variaties verkregen door het stuursignaal toe te voeren aan een regelbuis die de zelfinductie van de 2^e oscillator beïnvloedde. De ontvanger kon ook omgeschakeld worden op ontvangst van amplitude gemoduleerde signalen, in dat geval werd van de twee zijbanden er maar één gedemoduleerd en doorgegeven.